
集合組織を制御した成形加工性の良好な軽金属材料の開発

研究代表者 理工学研究部 (工学) 会田 哲夫

(1) プロジェクトの背景・目的

機械要素の中でねじやボルトは締結部品として多く使われており、これらをマグネシウム合金で作製することで、軽量化に繋がり地球環境問題や省エネルギーの課題に貢献することができる。これをマグネシウム合金部材の締結に使用することで、電食が生じず、絶縁物の無いシンプルな締結構造が実現可能である。

これまで東らは AZ31B マグネシウム合金に対して、超塑性現象が発現する $250^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ の熱間転造加工を行い、ねじ山を成形している。一方、住友電気工業と丸エム製作所は、引抜加工したマグネシウム合金を用いて 140°C 以上 250°C 未満の範囲で温間転造加工をし、製造、販売も行っている。他方、最近では吉田らが AZ31 の冷間伸線を用い、M1.7 のマイクロねじの冷間転造加工した報告例がある。室温転造加工は、転造時に材料やダイスを加熱保持しなくて良いためコスト低減化、ダイスの長寿命化および生産性の向上が期待される。そこで本プロジェクトでは、外径の大きい M8 マグネシウム合金ねじの室温転造加工性の評価を検討した。

(2) 研究成果

本プロジェクトで用いた試料は、市販の AZ31B マグネシウム合金の鋳造材を $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のビレットに機械加工し、400ton 縦型油圧プレス機にて押出し温度 $T_E = 400^{\circ}\text{C}$ 、押出し比 $R = 50$ ($\phi 7.15\text{mm}$)、ラム速度 $V_R = 0.5\text{mm/s}$ で押出しを行った。その押出し材を、ねじり戻し加工機を用いて、標点距離を 150mm、回転速度を 1rpm で室温ねじり加工を行った。室温転造加工は丸ダイス CNC 転造加工装置を用いて行った。

また試料の機械的性質の測定として、ビッカース硬さ試験、結晶粒径の測定およびマイクロ組織観察をいずれも押出し方向に対して垂直な断面について測定を実施した。硬さ試験には、微小硬度計 (フューチュアテック製: FM-700) を用い、印加荷重を 0.98N、印加時間を 5s として測定を行った。マイクロ組織の観察にはピクリン酸:3g、エタノール:54ml、酢酸:2.5ml、蒸留水:5.5ml の混合液を用いて腐食し、光学顕微鏡で観察した。そして、切片法を用いて各位置 5 回の平均を結晶粒径とした。

Fig. 1 にねじり加工の有無が室温転造加工に及ぼす影響を示す。Fig. 1(a) は押出し材に 400°C で 20 時間の均質化処理を行い、ねじり加工せずに 400°C で 1 時間の焼なまし処理を施し転造加工した試料である。ねじ山の剥離や割れなどの大きい転造欠陥が多く認められた。一方、Fig. 1(b) は押出し材に 400°C で 20 時間の均質化処理を行い、プラス方向へ 3 回転のねじり加工を行った後に、 400°C で 1 時間の焼なまし処理を施した試料である。ねじ山先端の割れや剥離は少なくなっているが、完全に転造欠陥のないねじ山成形にまでは至っていないことがいえる。

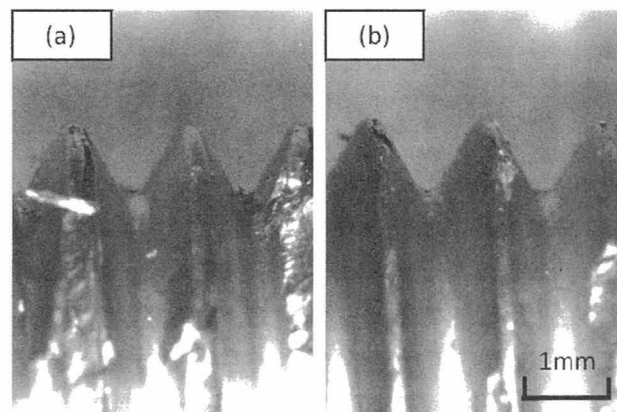


Fig. 1 室温転造加工した表面外観写真 (a)ねじり加工無し, (b)ねじり加工有り

3.2.2 ねじり戻し加工による破断時のせん断ひずみ

Fig. 2 にねじり戻し加工の実験フローチャートを示す. AZ31B 押出し材に 400°C で 20 時間の均質化処理を行い, プラス方向へ 3 回転のねじり加工を加え, その後, 焼なまし処理を行った. さらに, 前工程とは逆回転のねじり戻し加工, 焼なまし処理を行い, これを複数回繰返し行いねじり戻し加工とした. 2 回目以降のねじり加工角度は 540° とし, 最終工程で破断するまでねじり加工を行い, ねじり戻し回数を N とした.

Fig. 3 に, ねじり戻し回数が N のときに破断するまでねじり戻し加工を行った際の破断時のせん断ひずみとねじり角度の関係を示す. 横軸はねじり戻し回数, 縦軸は破断までねじり加工した際の破断時のせん断ひずみと破断ねじり角度を示している. $N=2$ から $N=6$ に N が増加するほど試料破断時のせん断ひずみは多くなることから, ねじり戻し加工と熱処理を施すことで加工性の改善が示唆される.

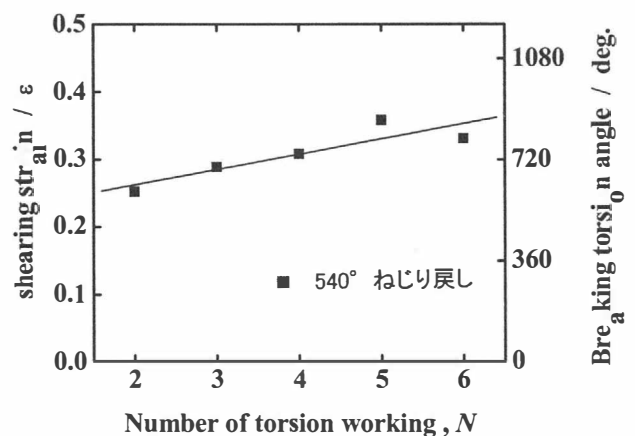
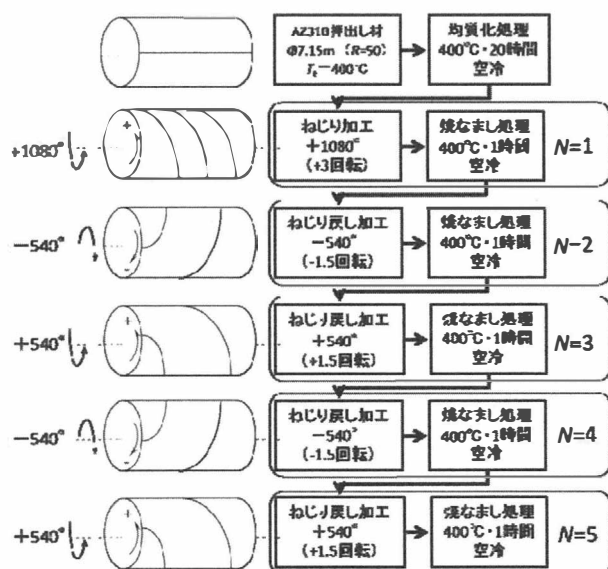


Fig. 2 ねじり戻し加工の実験フローチャート Fig. 3 ねじり戻し回数と破断時のせん断ひずみ

3.2.3 ねじり戻し回数 N が室温転造加工に及ぼす影響

Fig. 4 にねじり戻し材の室温転造結果を示す. Fig. 4 (a)は、ねじり加工後に焼なまし処理を行い転造加工した試料, Fig. 4 (b)は2回目の加工でマイナス方向に破断までねじり焼なまし処理を施した試料, Fig. 4 (c)は2回目の加工で -540° ねじり戻し, 3回目の加工でプラス方向に破断までねじり加工をした試料, 以下, Fig. 4 (d)~(f)は4~6回目で破断までねじり戻し加工を施した試料である. Fig. 4 (d), (f)の試料の室温転造性が著しく悪いことから, 最終工程での加工がマイナス方向, つまり, N が偶数時には室温転造性が低下することがわかる. また, Fig. 4 (a), (c), (e)を比較するとねじり加工を行っただけのものより, ねじり戻し加工を行った試料の方が, ねじ山の割れや欠けも少なくなっており, また, N が多い方が割れや欠けが少なくなり転造性が向上していることがわかる. このことから, 最終工程での加工がプラス方向, つまり N が奇数の時に転造性が向上することが明らかとなった.

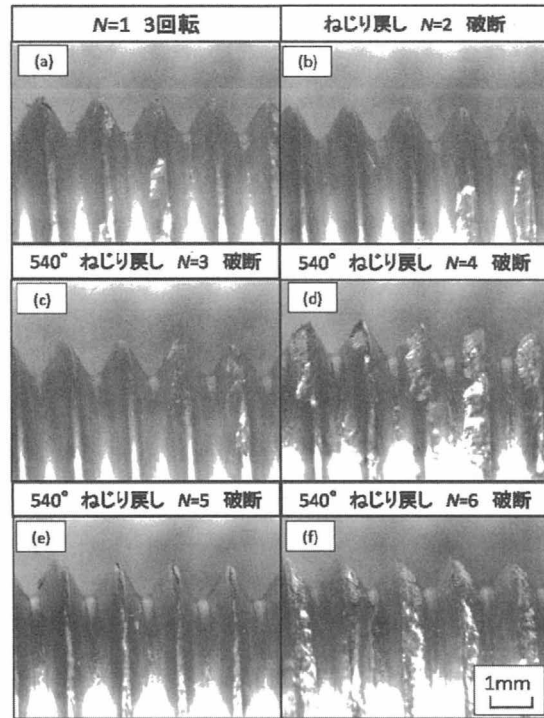


Fig. 4 ねじり戻し回数 N が転造性に及ぼす影響

3.2.4 ねじり加工による結晶方位の変化

Fig. 5 (a)に $T_E=400^\circ\text{C}$ の押し出し材, Fig.5 (b)に $T_E=400^\circ\text{C}$ 押し出し材にねじり加工を施した試料のX線回折結果を示す. いずれにおいても押し出し方向, ねじり方向に対して垂直な断面について測定を行った. 押し出し材では $(10\bar{1}0)$ 面の回折強度が著しく高くなっている. しかしねじり加工と熱なまし処理を施すことにより, $(10\bar{1}0)$ 面の回折強度が低下し, $(10\bar{1}0)$ 面, (0002) 面, $(10\bar{1}2)$ 面, $(10\bar{1}3)$ 面等の回折強度が増加している. ねじり加工を施すことにより押し出し材の異方性が緩和されたことが示唆される.

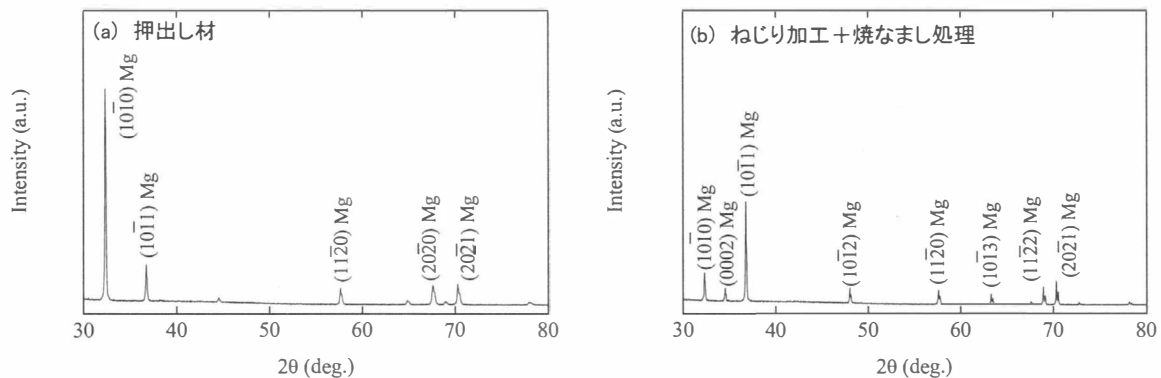


Fig. 5 X線回折結果 (a)押し出し材, (b)ねじり加工+焼なまし処理

3.3 結言

AZ31B マグネシウム合金の押出し材に、ねじり戻し加工と焼なまし処理を行い、室温転造性を評価した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) ねじり加工を行うと室温転造加工性は向上する。
- (2) ねじり戻し加工と焼なまし処理によって押出し材に特有の基底面の配向が緩和される。
- (3) ねじり戻し加工は、最終工程で $N=1$ と同じプラス方向にねじることで室温転造加工性が改善される。

(3)プロジェクト成果(特許, 起業, 技術移転等)

次年度中には、特許申請が出来るように準備を進めている。

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

航空機産業, 自動車業界, 医療分野等の様々な分野において, 応用が期待できる。

(5)利用施設

本年度の該当実績なし。

次年度は、高出力・高分解能X線回折システムの利用を検討している。